



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 363 787**

⑤1 Int. Cl.:
B03C 1/32 (2006.01)
B03C 1/01 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **06077210 .0**
⑨6 Fecha de presentación : **12.12.2006**
⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1800753**
⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **27.06.2007**

⑤4 Título: **Método y dispositivo para separar partículas sólidas en función de una diferencia de densidad.**

③0 Prioridad: **23.12.2005 NL 1030761**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.08.2011

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.08.2011

⑦3 Titular/es: **BAKKER HOLDING SON B.V.**
Science Park Eindhoven 5502
5692 EL Son, NL

⑦2 Inventor/es: **Rem, Peter Carlo;**
Berkhout, Simon Peter Maria y
Bakker, Erwin Johannes

⑦4 Agente: **Arpe Fernández, Manuel**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para separar partículas sólidas en función de una diferencia de densidad

La presente invención se refiere a un método para separar partículas sólidas utilizando un fluido magnético, en el que dicho fluido se hace pasar a través de un campo magnético para alterar la densidad efectiva del fluido magnético, y separándose las partículas en fracciones de diferente densidad. La presente invención se refiere también a un dispositivo para separar partículas sólidas utilizando un fluido magnético en el que el fluido se hace pasar a través de un campo magnético para alterar la densidad efectiva del fluido magnético, incluyendo dicho dispositivo medios para suministrar el fluido magnético, medios para suministrar las partículas a separar, medios para descargar fracciones con diferente densidad, medios para generar el campo magnético y las necesarias conducciones de suministro y descarga.

Gracias a la patente estadounidense N° 4062765 se conoce un proceso en el que se lleva a cabo la separación de una mezcla de partículas no magnéticas en función de sus diferentes densidades mediante un fluido magnético, utilizando una multiplicidad de espacios magnéticos creados por una rejilla de polos magnéticos orientados entre sí de tal forma que la polaridad del campo magnético generado en cada espacio se opone a la de cada espacio adyacente. Debido a la necesidad de la presencia de los espacios, las partículas cuya densidad sea superior a la densidad aparente del fluido magnético en los puntos críticos atravesarán el plano de los puntos críticos y se descargarán en dirección descendente, a través de las aberturas de los espacios, en un contenedor situado bajo las mismas. En el fluido magnético se genera un gradiente de campo no uniforme, y dicho gradiente produce en el fluido magnético un componente de fuerza vertical en la dirección opuesta a la gravedad, disminuyendo la magnitud del componente de la fuerza vertical en la dirección opuesta a la gravedad, con unos puntos críticos por debajo de los cuales las curvas de intensidad de campo de fuerza constante del mismo son discontinuas, y por encima de los cuales las curvas de intensidad de campo de fuerza constante son continuas. Un inconveniente que presenta esta configuración es que la magnitud que tiene el campo magnético más fuerte está poblado por la fracción que se hunde, y la figura 5 de dicha patente estadounidense muestra claramente que las partículas de la fracción que flota sólo pueden acercarse, como máximo, a la cota 300, pues de lo contrario corren el riesgo de hundirse, al mismo tiempo que el imán genera fuerzas con una magnitud de 700. Otro inconveniente de dicha configuración lo constituye el hecho de que los materiales magnéticos se adherirán a los polos y que incluso las partículas no magnéticas procedentes de la fracción que se hunde se pueden depositar en los polos magnéticos y en torno a los mismos, lo que produciría un atascamiento. Para impedir dicha coagulación de partículas, de acuerdo con la figura 5 resulta deseable no ir más allá de la cota 100-200, lo que hace que el método de acuerdo con dicha patente estadounidense resulte poco atractivo en términos de eficacia magnética.

Gracias a la solicitud de patente europea N° 0839577 se conoce un método de separación ferrohídrostático, en el que la densidad aparente de un denominado ferrofluido se controla mediante un solenoide. Dicho dispositivo de separación reivindica el permitir la separación de un material en una o más fracciones, consistentes en fracciones flotantes, suspendidas y hundidas.

Gracias a la solicitud de patente europea N° 0362380 se conoce un separador ferrohídrostático, en el que la separación se produce en base a las diferencias de densidad. El método que se describe en dicho documento presenta cuatro inconvenientes principales: (a) las partículas magnéticas del material de aporte serán atraídas en dirección a los polos, provocando un atasco, (b) el material de aporte se separa en tan sólo dos flujos de productos, (c) la anchura del espacio no puede ampliarse con facilidad: en el caso de unas mayores anchuras del espacio, las partículas que han de separarse tienden a caer hacia el centro, de forma que el espacio de separación se utiliza de forma poco eficaz, (d) se requiere energía eléctrica para mantener el campo magnético.

A través de la patente estadounidense N° 3788465 se conoce un dispositivo para llevar a cabo la denominada separación magneto-gravimétrica, en el que el campo magnético ejerce tales fuerzas sobre una partícula sumergida en el fluido magnético, que se afirma que es posible efectuar una separación en diversas fracciones. El aparato bascula, de tal forma que la intensidad del campo disminuye, principalmente en dirección horizontal. En función de la densidad, las partículas caen a través del fluido formando diferentes ángulos con respecto a la vertical, de forma que en principio resulta posible separar un gran número de flujos de productos, cada uno de ellos con su propia densidad. En dicho documento se menciona que las partículas magnéticas también pueden someterse a este tratamiento. No obstante, ello parece poco probable. Un inconveniente que presenta este tipo de construcción lo constituyen sus posibilidades de ampliación a una escala mayor y el hecho de que las partículas se descargan en diversas direcciones, lo que implica que las partículas deben suministrarse de forma que se ajusten muy estrechamente a lo largo de una línea, o que el espacio para separar deba tener un gran tamaño, para conseguir una adecuada eficacia en la separación.

Mediante la patente estadounidense N° 3483968 se conoce un método para separar materiales de distinta densidad, en el cual se utiliza un campo magnético con un gradiente vertical específico, como resultado de lo cual los objetos de diferente densidad adoptarán una posición específica en el fluido. Los objetos sólidos flotarán a distintos niveles, para permitir que se efectúe con facilidad su separación. De acuerdo con dicha patente estadounidense, se utiliza un campo magnético cuya potencia decrece en dirección ascendente a un ritmo de inferior que en una relación lineal, como consecuencia de lo cual las partículas de diferente densidad estarán suspendidas a un nivel vertical específico

para la densidad relativa de la misma, y en dicho nivel las partículas podrán recogerse por separado. Debido a la utilización de un campo magnético que tenga una orientación (en este caso vertical), las partículas mostrarán tendencia a caer hacia los lados del contenedor sobre los planos equipotenciales. Lo que provocaría problemas de homogeneidad.

5 La patente estadounidense N° 5541072 hace referencia a un método para separar partículas magnéticas, utilizando partículas magnéticas dentro de un sistema polifásico. Las partículas magnéticas se ligan con una denominada "sustancia objetivo" en el fluido de transporte, tras lo cual se produce una separación bajo la influencia de un campo magnético. Entre las sustancias que pueden separarse se menciona una serie de sustancias biológicas.

10 La patente estadounidense N° 6136182 describe más o menos el mismo principio que la anteriormente mencionada patente estadounidense N° 5541072, especialmente en lo que se refiere al etiquetado magnético de las denominadas "entidades objetivo".

El objeto de la presente invención consiste en facilitar un método y un dispositivo para separar partículas sólidas en función de la diferencia de densidad, en el que se solventen los problemas de la técnica anterior que se han comentado en los párrafos precedentes.

15 Otro de los objetos de la presente invención consiste en facilitar un método y un dispositivo para separar partículas sólidas en función de la diferencia de densidad, en el que las partículas sólidas puedan separarse a lo largo de un amplio rango de densidades, mediante una adecuada selección de la potencia del fluido magnético.

20 Otro de los objetos de la presente invención consiste en proporcionar un método y un dispositivo para separar partículas sólidas en función de una diferencia de densidades, mediante los que se consiga prevenir los problemas de homogeneidad, y que adicionalmente reduzcan al mínimo el movimiento de las partículas a lo largo de las paredes.

El método al que se refiere el párrafo de introducción se caracteriza porque el campo magnético es generado por un imán permanente compuesto por bandas dispuestas al menos siguiendo dos orientaciones alternativas, concretamente una orientación alternativa este, norte, oeste y sur.

25 Uno o más de los objetos precedentes se consiguen mediante la utilización de dicho método. Más concretamente, la presente invención utiliza un campo magnético bajo una superficie sustancialmente plana, utilizando imanes permanentes, por lo que no se requiere energía eléctrica para mantener el campo magnético. Además, la presente invención utiliza imanes permanentes compuestos por bandas cuyos polos están orientados en direcciones alternativas. De este modo, los inventores de la presente invención han descubierto que se obtiene un campo magnético que es constante en una de las dos direcciones horizontales, y que parece rotar más o menos en la otra dirección. De este modo, se ha descubierto que la intensidad del campo magnético decrece exponencialmente en dirección vertical, con una longitud de semi-atenuación relacionada con la longitud de onda en dirección horizontal.

30 En una construcción configurada de este modo, se ha descubierto que la intensidad del campo es independiente de las dos coordenadas horizontales a una altura que se encuentra a cierta distancia por encima de la superficie del imán. La ventaja de esto es que el campo magnético puede ampliarse perfectamente en ambas direcciones horizontales. No obstante, los inventores de la presente invención también han descubierto que se producen grandes fluctuaciones cerca del imán, lo que implica que el espacio con el campo magnético más potente no se puede utilizar a causa de dichas fluctuaciones. Mediante la utilización en la presente construcción, de bandas de cuatro tipos de polos, como norte, sur, este y oeste, ya se consigue un campo magnético con una intensidad de campo constante en la dirección horizontal a una pequeña distancia por encima de la superficie del imán.

40 El imán permanente está construido de tal forma que se forma una superficie estanca a líquidos, de forma que, de hecho, la separación de partículas sólidas se produce en uno de los lados. En una realización especial, las bandas están adyacentes entre sí, posiblemente separadas por bandas de un material no magnético, por ejemplo, bandas de acero inoxidable. Dicha superficie impide que el fluido magnético y las partículas sólidas a separar atraviesen el imán.

45 En una realización especial es preferible que el imán esté constituido por bandas de imanes independientes, cada una de las cuales tiene una orientación seleccionada entre las orientaciones este, norte, oeste y sur, en el que en particular resulta preferible que la orientación del imán se complemente con las orientaciones noreste, entre el este y el norte, noroeste, entre el norte y el oeste, sudoeste, entre el oeste y el sur, y sureste, entre el sur y el este. La utilización de este tipo de imanes tiene un efecto ventajoso en lo que respecta a la obtención de un campo magnético cuya intensidad de campo es independiente de las dos coordenadas horizontales, y que de este modo, pueden ampliarse con facilidad.

50 Se obtienen unos ventajosos resultados, en particular, cuando el imán está constituido por bandas independientes de imanes, cada una de las cuales tiene una orientación seleccionada entre las orientaciones este, noreste, norte, noroeste, oeste, sudoeste, sur y sudeste.

Aunque la intensidad de campo es independiente de las dos coordenadas horizontales a una altura situada a cierta distancia por encima de la superficie del imán, los inventores de la presente invención han descubierto que se

producen grandes fluctuaciones en las cercanías de la superficie del imán. Este aspecto presenta consecuencias en lo que respecta a la economía del método, ya que el efecto

$$p = \rho (\text{fluido magnético}) + \mu_0 M (\text{fluido magnético}) dH/dz$$

debe causarse mediante la utilización de un fluido concentrado (de alta magnetización M) (más costoso que un fluido disuelto en agua) en caso de un reducido valor de dH/dz . Utilizando de este modo bandas de cuatro tipos de polos, ya se consigue una intensidad de campo constante a una reducida altura sobre la superficie. Diseñando posteriormente los polos de forma que tengan una forma no plana en el lado superior de los mismos, puede utilizarse una parte aún mayor del campo magnético. En una realización especial, por lo tanto, es deseable que las bandas del imán se diseñen con esquinas redondeadas en la cara enfrentada al fluido.

Para conseguir una óptima utilización de la intensidad del campo magnético, es preferible que la distancia mínima entre la cara superior del imán y el fluido magnético se seleccione de forma que el campo magnético en el fluido magnético sea sustancialmente constante en ambas direcciones horizontales, y que la intensidad del campo magnético en el fluido magnético se reduzca exponencialmente en dirección vertical.

Por tanto, y de acuerdo con la presente invención, la homogeneidad del campo magnético en el plano horizontal debe conseguirse, en particular, mediante a) la utilización de un imán que incluya bandas en diversas direcciones de magnetización, que parezcan rotar en la dirección perpendicular a la orientación de la banda, b) el redondeo de las esquinas de las bandas de los polos, y c) la utilización del campo magnético más allá de una distancia mínima con respecto al imán.

Cabe señalar que cada uno de estos tres aspectos basta por sí mismo para obtener el resultado deseado: i) la magnetización puede hacerse girar de forma constante, por lo que es posible utilizar el campo directamente por encima de la superficie, teniendo dicho campo una potencia máxima, ii) ahora pueden utilizarse dos direcciones del polo (N, S), en cuyo caso, las esquinas estarán extremadamente redondeadas, por lo que será posible utilizar el campo directamente por encima de la superficie, teniendo dicho campo, no obstante, menos potencia que en el caso de la opción ii), y iii) pueden utilizarse dos direcciones polares (N, S) utilizando tan sólo el campo con bastante distancia sobre la superficie del imán, en cuyo caso, el campo será débil. En la práctica, los costes y las posibilidades tecnológicas de realizar la construcción, así como los costes del consumo de fluido magnético deberán compensarse entre sí, debiendo tenerse en cuenta que en dicha conexión, los costes posteriores serán mínimos, en el caso de un campo elevado.

En la práctica, el material a separar contendrá una pluralidad de constituyentes de diversos orígenes y descripciones. Para obtener una mezcla uniforme y homogénea de las partículas a separar, resulta preferible que las partículas a separar se envíen en primer lugar al fluido magnético, tras lo cual, el fluido magnético cargado con partículas se hace pasar a través del campo magnético, en cuyo caso resulta preferible, para conseguir una separación ventajosa, que el fluido magnético fluya a través del campo magnético en condiciones laminares.

El método de acuerdo con la presente invención puede ejecutarse de tal forma que el fluido magnético se encuentre presente bien por encima o por debajo del imán.

Si el imán, se apantalla con respecto al fluido magnético, se impide que la superficie del imán se cubra con partículas magnéticas, lo que afectaría negativamente al campo magnético. En una realización especial, se inserta preferiblemente una cinta transportadora sin fin entre el fluido magnético y el imán, siendo la dirección del movimiento de dicha cinta transportadora diferente de la dirección de transporte del fluido magnético, y concretamente, la dirección de movimiento de la cinta transportadora es perpendicular a la dirección de transporte del fluido magnético. Mediante la utilización del presente método, es posible separar más de dos fracciones de partículas. Especialmente, en la situación en la que los imanes se encuentran situados bajo el fluido magnético, todas las fracciones se recuperarán por encima de la superficie de los imanes.

Para impedir la acumulación de partículas, la cinta transportadora está preferiblemente equipada con unos medios de descarga de partículas sólidas que se encuentran presentes en la cinta transportadora, en la dirección de desplazamiento de la cinta transportadora.

Los inventores de la presente invención han efectuado experimentos en los que la orientación del campo magnético era constante en la dirección de transporte del fluido magnético, lo que significa que el fluido fluyó paralelamente a la orientación este, norte, oeste y sur.

La presente invención también se refiere a un dispositivo para separar partículas sólidas, caracterizándose dicho dispositivo de acuerdo con la presente invención en que los medios de generación del campo magnético comprenden un imán permanente constituido por bandas en al menos dos direcciones alternativas, y concretamente, una orientación alternativa este, norte, oeste y sur, estando constituido concretamente dicho imán por imanes independientes, teniendo cada uno de ellos una orientación seleccionada entre las orientaciones este, norte, oeste y sur.

Para obtener una intensidad del campo que resulte sustancialmente independiente en ambas coordenadas horizontales, es preferible que la orientación del imán se complemente mediante bandas de orientación noreste,

entre el este y el norte, noroeste, entre el norte y el oeste, sudoeste, entre el oeste y el sur, y sudeste, entre el sur y el este, especialmente en el caso de que el imán esté compuesto por imanes independientes, teniendo cada uno de ellos una orientación seleccionada entre las orientaciones este, noreste, norte, noroeste, oeste, sudoeste, sur y sudeste.

- 5 Para conseguir una mejora en la utilización del campo magnético con una elevada intensidad del campo, a saber, cerca de la superficie del imán, las bandas del imán están equipadas con esquinas redondeadas en el lado que se encuentra enfrentado al fluido.

El presente dispositivo tiene preferiblemente una configuración horizontal, de forma que las partículas a separar fluyan junto con el fluido, en lugar de adoptar una configuración ligeramente inclinada, en la que las partículas a separar se desplazan con respecto al fluido bajo la influencia de un componente de la fuerza de gravedad o del campo magnético. Una construcción inclinada no resulta deseable en algunas realizaciones, ya que en dicha situación, la velocidad de transporte de las partículas, y por tanto, el rendimiento, están relacionados con el tamaño de la partícula, en relación con el cual debe señalarse, concretamente, que las partículas especialmente diminutas, es decir, aquellas partículas cuyas dimensiones varían entre 0,5 y 10 mm, no se desplazan rápidamente por sí mismas. Al hacer que las partículas a separar fluyan junto con el fluido magnético en una cinta transportadora sin fin en la presente invención, el desplazamiento de las partículas a separar, con respecto al fluido magnético, se limita tan sólo a la separación en la dirección vertical, y el fluido magnético puede encargarse del transporte en dirección horizontal por encima del imán, sin que el fluido magnético entre en ningún punto en contacto con el imán. Al equipar dicha cinta transportadora con bordes verticales, por ejemplo, las partículas que se encuentran presentes en la cinta transportadora se eliminarán en la dirección de desplazamiento de la cinta transportadora. Entre los ejemplos de las partículas a separar se encuentran plásticos y metales, por ejemplo, materiales reciclados, tal como PET, polipropileno (PP), polietileno (PE) y PVC, pero también los diamantes procedentes de menas y el oro procedente de materiales de reciclado, como ordenadores y placas de circuito impreso desechadas.

En ciertas realizaciones resulta preferible situar el imán por encima del fluido, de forma que el fluido magnético sea más ligero que el agua, lo que resulta deseable en el caso específico de una separación de polipropileno-polietileno. Puede utilizarse como fluido magnético, por ejemplo, una suspensión de partículas de óxido de hierro.

En una realización especial de la presente invención, los inventores asumen que el imán permanente puede sustituirse por cables de suministro eléctrico con superconductividad.

A continuación se explicará la presente invención mediante un ejemplo, debiendo tenerse en cuenta en relación con el mismo, sin embargo, que la presente invención no se limita en modo alguno a dicho ejemplo especial.

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra de forma esquemática el método de la presente invención.

La figura 2 es una vista en perspectiva del imán de la figura 1.

La figura 3 muestra un imán de acuerdo con una realización especial de la presente invención.

35 La figura 4 muestra una realización especial del imán de acuerdo con la presente invención.

La figura 5 muestra el perfil de densidad por encima de un imán de acuerdo con la presente invención.

La figura 6 muestra un perfil de densidad por encima de un imán de acuerdo con la presente invención.

La configuración del imán que se muestra en la figura 1 consiste en un imán permanente y un polo con una orientación alternativa, de forma que se obtenga un campo magnético que sea constante en una de las dos direcciones horizontales, y que parezca rotar en la otra dirección. De este modo, resulta evidente que la intensidad del campo magnético disminuye exponencialmente en dirección vertical con una longitud de semi-atenuación que está relacionada con la longitud de onda en la dirección horizontal, como se muestra en la figura 2. La intensidad del campo, medida a una altura situada a cierta distancia por encima de la superficie del imán parece ser independiente de las dos coordenadas horizontales: el campo podrá ahora ampliarse a una escala superior cerca de las direcciones horizontales. En la figura 2, se muestran claramente las bandas con orientaciones alternativas.

La figura 3 muestra un imán de acuerdo con una realización especial de la presente invención, en la que el imán tiene en la cara superior una esquina ligeramente redondeada. La forma del imán que se muestra en la figura 3 permite conseguir una óptima utilización del campo magnético, lo que significa que el campo puede utilizarse a una distancia mínima de la superficie del imán.

50 La figura 4 muestra una realización especial del imán de acuerdo con la presente invención, en la que se utilizan bandas con diferentes orientaciones, concretamente norte, oeste, sur y este.

Las figuras 5 y 6 muestran las densidades efectivas del fluido eléctrico, concretamente un ferro-fluido, para dos configuraciones de imán mutuamente diferentes, incluyendo la figura 5 la configuración que se muestra en la figura 4 y mostrándose en la figura 6 una configuración similar, aunque con esquinas redondeadas, como se muestra esquemáticamente en la figura 3.

- 5 La configuración no adaptada (figura 5), es decir, la configuración en la que los imanes presentan una forma ligeramente plana, sólo puede utilizarse para una separación por densidades a una altura de 29 mm, siendo la altura de los imanes de 40 mm, a saber, $69-40 = 29$ mm, en esta configuración. En este caso, la densidad asciende, por tanto, a 11.000 kg/m³. En la configuración adaptada, como se muestra en la figura 6, ya es posible llevar a cabo una separación a una altura de 13 mm, con una densidad asociada de 14.000 kg/m³. De este modo, las esquinas redondeadas, como se utilizan en la configuración de la figura 3, ejercen una influencia positiva en lo que respecta a la eficacia en la utilización del campo magnético.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para separar partículas sólidas, utilizando un fluido magnético, y en el que el fluido magnético se hace pasar a través de un campo magnético, a fin de cambiar la densidad efectiva del fluido magnético, y siendo separadas las partículas en fracciones de diferente densidad, **caracterizado porque** el campo magnético se genera mediante un imán permanente compuesto por bandas con al menos dos orientaciones alternas, en el que la distancia mínima entre la cara superior del imán y el fluido magnético se selecciona de forma que el campo magnético en el fluido magnético sea sustancialmente constante en ambas direcciones horizontales, disminuyendo la intensidad del campo magnético en el fluido magnético exponencialmente en dirección vertical.
- 10 2. Método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho imán está formado por bandas dispuestas con orientaciones alternativas este, norte, oeste y sur.
- 15 3. Método de la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho imán está formado por imanes independientes, cada uno de los cuales comprende una banda cuya orientación se selecciona entre las orientaciones este, norte, oeste y sur.
- 20 4. Método de una o de ambas reivindicaciones 2, 3, **caracterizado porque** la orientación del imán está suplementada por las orientaciones noreste, noreste, entre el este y el norte, noroeste, entre el norte y el oeste, sudoeste, entre el oeste y el sur, y sureste, entre el sur y el este.
- 25 5. Método de la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicho imán está formado por imanes independientes, cada uno de los cuales tiene una orientación seleccionada entre las orientaciones este, noreste, norte, noroeste, oeste, sudoeste, sur y sudeste.
- 30 6. Método de una o varias de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las bandas del imán presentan esquinas redondeadas en la cara que está enfrentada al fluido.
- 35 7. Método de una o varias de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las partículas a separar se suministran previamente al fluido magnético, tras lo cual, el fluido magnético cargado de este modo con las partículas se hace pasar a través del campo magnético.
- 40 8. Método de una o varias de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el fluido magnético fluye a través del campo magnético en condiciones laminares.
- 45 9. Método de una o varias de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el fluido magnético se encuentra por encima del imán y está apantallado con respecto al imán.
- 50 10. Método de una o varias de las reivindicaciones 1 a 8 precedentes, **caracterizado porque** el fluido magnético se encuentra bajo el imán.
- 55 11. Método de la reivindicación 9, **caracterizado porque** está dispuesta una cinta transportadora sin fin entre el fluido magnético y el imán, siendo la dirección de desplazamiento de dicha cinta transportadora diferente a la dirección de transporte del fluido magnético.
- 60 12. Método de la reivindicación 11, **caracterizado porque** la dirección de desplazamiento de la cinta transportadora es perpendicular a la dirección de transporte del fluido magnético.
- 65 13. Método de las reivindicaciones 11 y 12 o de una de las mismas, **caracterizado porque** la cinta transportadora está equipada con medios para descargar las partículas sólidas que se encuentran presentes en la cinta transportadora en la dirección del desplazamiento de la cinta transportadora.
14. Método de una o varias de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la orientación del campo magnético es constante en la dirección de transporte del fluido magnético.
15. Método de una o varias de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las bandas están configuradas de forma que se obtenga una superficie densa.
16. Dispositivo para separar partículas sólidas, utilizando un fluido magnético, en el que el fluido magnético se hace pasar a través de un campo magnético, a fin de cambiar la densidad efectiva del fluido magnético, incluyendo dicho dispositivo medios para suministrar el fluido magnético, medios para suministrar las partículas a separar, medios para descargar fracciones con diferente densidad, medios para generar el campo magnético, así como conducciones de suministro y descarga necesarias, **caracterizado porque** los medios utilizados para generar el campo magnético comprenden un imán permanente compuesto por bandas con al menos dos orientaciones alternas, en el que la distancia mínima entre la cara superior del imán y el fluido magnético se selecciona de forma

que el campo magnético en el fluido magnético sea sustancialmente constante en ambas direcciones horizontales, disminuyendo la intensidad del campo magnético en el fluido magnético exponencialmente en dirección vertical.

5 **17.** Dispositivo de la reivindicación 16, **caracterizado porque** el imán permanente está formado por bandas dispuestas con orientaciones alternativas este, norte, oeste y sur.

18. Dispositivo de la reivindicación 17, **caracterizado porque** dicho imán está formado por bandas de imanes independientes, cuya orientación se selecciona entre las orientaciones este, norte, oeste y sur.

10 **19.** Dispositivo de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 16 a 18, **caracterizado porque** la orientación del imán está suplementada por las orientaciones noreste, noreste, entre el este y el norte, noroeste, entre el norte y el oeste, sudoeste, entre el oeste y el sur, y sureste, entre el sur y el este.

15 **20.** Dispositivo de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 16 a 19, **caracterizado porque** el imán está compuesto por bandas de imanes independientes, teniendo cada uno de ellos una orientación seleccionada entre las orientaciones este, noreste, norte, noroeste, oeste, sudoeste, sur y sureste.

20 **21.** Dispositivo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 16 a 20, **caracterizado porque** el imán presenta esquinas redondeadas en la cara enfrentada al fluido.

22. Dispositivo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 16 a 21, caracterizado porque las bandas están configuradas de forma que se obtenga una superficie densa.

25

FIGURA 1

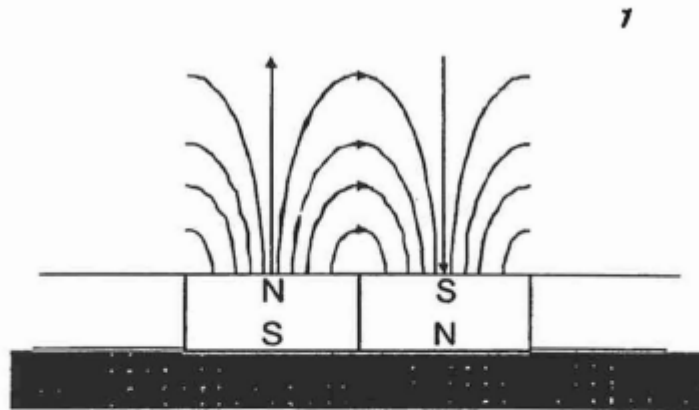


FIGURA 2

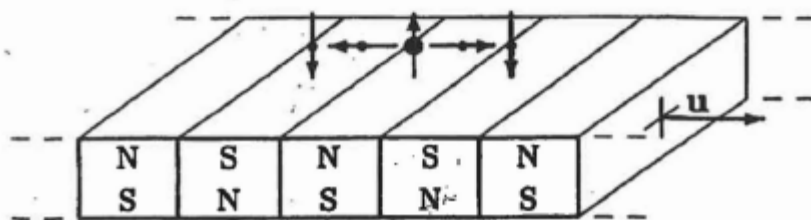


FIGURA 3

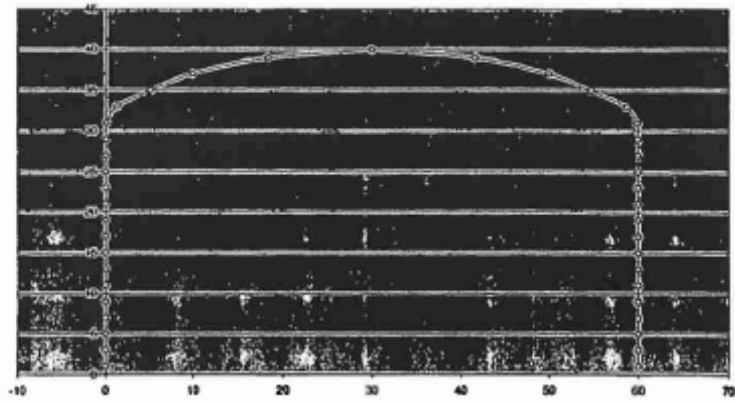


FIGURA 4

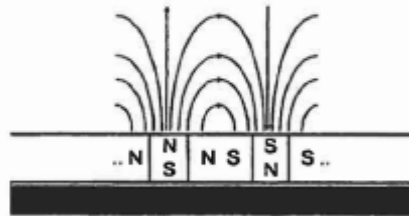


FIGURA 5

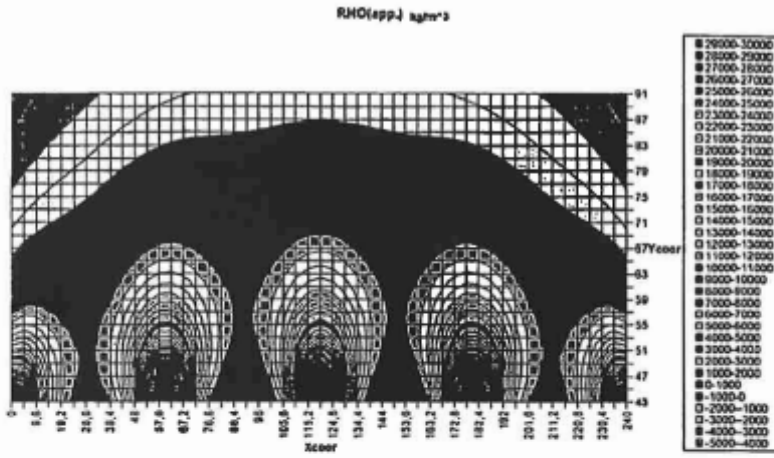
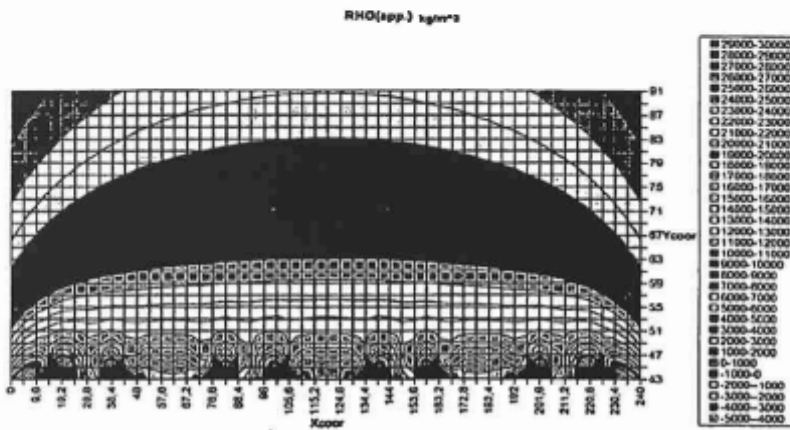


FIGURA 6



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

5

Documentos de patente citados en la descripción

- US 4062765 A [0002]
- EP 0839577 A [0003]
- EP 0362380 A [0004]
- US 3788465 A [0005]
- US 3483968 A [0006]
- US 5541072 A [0007] [0008]
- US 6136182 A [0008]